

現場透水量試験方法に関する検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○新田弘之
独立行政法人土木研究所 吉田 武

1. はじめに

現場透水試験は舗装の性能評価として広く使用されており、最近の舗装の性能規定化に伴い、ますます重要度が増している。しかし、現場透水試験については試験法に対する問題点が指摘されており、特に透水能力の高い舗装の比較評価について問題点が指摘されている^{1)~3)}。また、「舗装の構造に関する技術基準」の中では、「路面の高さ60cmまで満たした水を400ml注入させた場合の時間から算定する方法」によって計測することになっているが、現在市販されている現場透水試験器は必ずしも高さ60cmから水を注入できる構造にはなっていない場合もあり、測定不可能な場合もある。

そこで、本研究では、現在一般的に用いられている現場透水試験器における水頭差の影響について検討を行うとともに、高透水域の評価の可能性の検討を行ったので報告する。

2. 試験方法

試験は、形状の異なる現場透水試験器と透水能力を容易に変化させることのできる抵抗版を用いて行った。以下に詳細を示す。これらを用いて水頭差の影響や試験器間の違いについて検討を行った。

(1) 現場透水試験器

現場透水試験器は、文献を参考にして、図-1に示す3種類を用いた。試験器Aは、従来から市販されているものをそのまま用いた。試験器Bは水頭差の試験が行いやすいように、円筒部分を通常より長くしたものとするとともに、路面と5cm幅で接触するように底部を大きくした。試験器Cはコック部分の内径を20mmにして、管内抵抗を小さくした。

(2) 抵抗版

試験には、透水能力を容易に変化させることができるように図-2に示すようなアクリル製の抵抗版を作製した。一つの穴は2mmφの内径であり、計44個の穴とした。

3. 結果

3.1 水頭差の影響

水頭差の影響を見るために、読みとり開始高さを変え

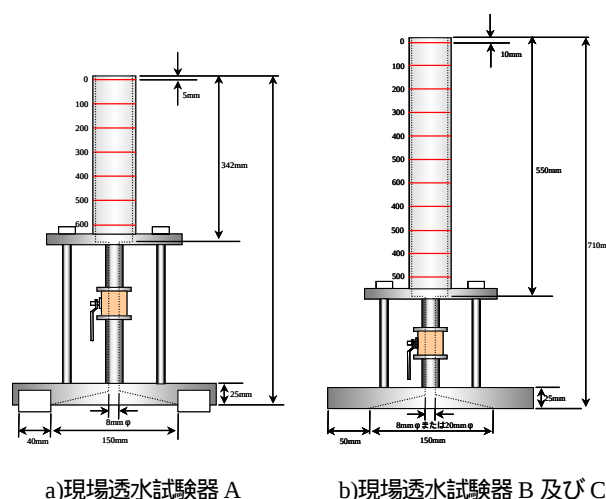


図-1 使用した現場透水試験器

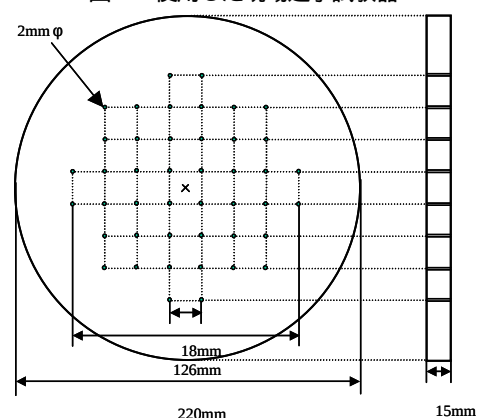


図-2 アクリル製抵抗版

て透水量の変化を測定した。図-3に示すとおりどの現場透水試験器でも以下の式が成り立つ。

$$q_h = ah + b \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 q_h ：高さ h のときの透水量（ml/15s）

h ：読みとり開始高さ（cm）

ここで、さらに抵抗版の抵抗を変化させて、 q_{60} を求めると図-4のようになった。従って、 a, b には以下のように近似できる。

$$a = \alpha q_{60}, b = \beta q_{60} \quad \dots\dots(2)$$

これを式(1)に代入し、 $q_h = q_{60}$ のときについて整理すると

$$\beta = 1 - 60\alpha \quad \dots\dots(3)$$

となる。従って、式(1)と式(3)から、水頭差の影響は試験器の特性値 α を用いて式(4)で計算できる。

$$q_{60} = q_h / (1 + \alpha(h - 60)) \quad \dots\dots(4)$$

Key word：性能評価、排水性舗装、現場透水試験器

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 Tel：029-879-6789 Fax：029-879-6738

3.2 内径の影響

現場透水試験器のコック部分の内径の影響をみるために、抵抗版の抵抗を変化させて試験を行った。結果を図-5に示す。抵抗の変化は抵抗版の穴の数の調整によって行ったので、横軸に穴の数をういている。内径の大きい試験器Cでは直線関係があるが、内径の小さい試験器A,Bでは穴の数が多くなると透水量の変化が小さくなっている。ここで、これらの結果をベルヌイの式を用いて考察する。

透水量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ は、内径 $D(\text{m})$ と管内平均流速 $u(\text{m/s})$ としたとき、以下のように表される。

$$Q = \pi D^2 u / 4 \quad \dots\dots(5)$$

水頭差が $H(\text{m})$ のとき、入り口

摩擦損失： $F_i = K_i u^2 / 2$ 、管内摩擦

損失： $F_f = 2 f L u^2 / D$ 、 K_i ：入り口損失係数、 f ：管内摩擦係数、 L ：管の長さ、とすれば、ベルヌイの式より以下のような関係になる。

$$H g = u^2 / 2 + K_i u^2 / 2 + 2 f L u^2 / D \quad \dots\dots(6)$$

これより、管内の抵抗は、 u^2 に比例すると考えられる。

また、現場透水試験の透過時間は、抵抗の式で表せるとすると以下のようなものである。

$$T = a \times R_1 + b \times R_2 + \dots + c \quad \dots\dots(7)$$

抵抗版による抵抗は、穴の数の逆数に比例するので、穴の数の逆数を横軸に、縦軸を 400ml の透過時間とすると図-6 のようになる。

試験器Cはほぼ直線であるが、従来タイプは、透過時間が短いほど直線からそれている。これは、抵抗版以外の抵抗の影響が大きいためである。そこで、抵抗を考えると、現場透水試験器のシリンダー部分から管に入るところでまず抵抗が発生し、また管の中を水が通るときにも抵抗が発生する。これらの抵抗は管内の水の流速 u の二乗に比例することが分かっている。従って、透過時間は抵抗版の抵抗に管の抵抗を加えた形になる。

そこで、透過時間を従属変数、穴の数の逆数、 u^2 を独立変数として重回帰分析を行った結果、式(8)～(10)のようになった。

$$\text{試験器 A : } T = 58.5 \times (1/N) + 0.621u^2 + 0.256 \quad \dots\dots(8)$$

$$\text{試験器 B : } T = 55.5 \times (1/N) + 0.411u^2 + 1.00 \quad \dots\dots(9)$$

$$\text{試験器 C : } T = 63.6 \times (1/N) - 0.157u^2 - 0.155 \quad \dots\dots(10)$$

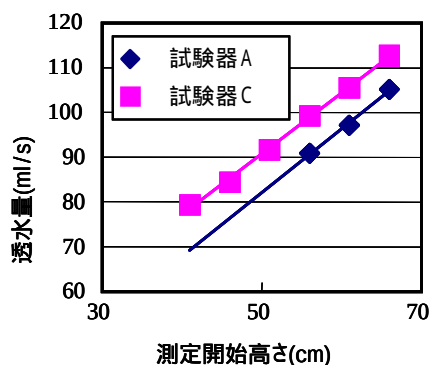


図-3 水頭差の透水量への影響

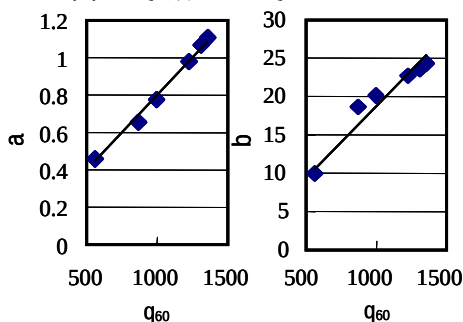


図-4 各透水量におけるa,b値

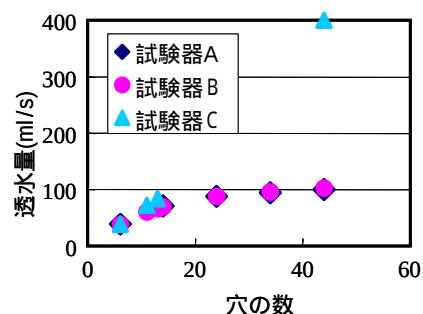


図-5 試験器による透水量の違い

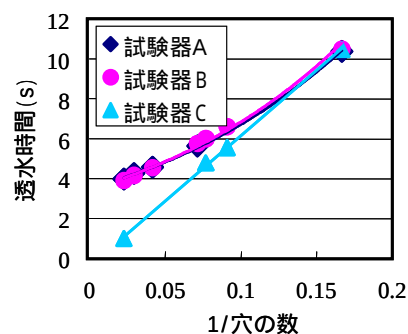


図-6 抵抗による透水時間の違い

試験器Cは、抵抗がマイナスになってしまったが、これは抵抗が小さいときに十分精度よく透過時間が測定できなかったことが原因と考えられる。

実際の透水能力を試験器Cの値を用いて Q とし、従来の透水試験器で計測される透水量(試験器B)を Q' とする。ここで、実験より、穴の数 N は透水量と比例関係にあるため、

$$Q = aN \quad \dots\dots(11)$$

で表される。従って、以下のようなになる。

$$Q' = 400/T, \quad a = 6.45$$

$$N = 55.5 / (T - 0.411u^2 - 0.995)$$

$$Q = 358 / (400/Q' - 0.0001627Q'^2 - 0.995) \quad \dots\dots(12)$$

4. おわりに

今回は、抵抗版を用いた試験だけで整理しているので、水の流れが排水性舗装のような下方が拘束されている状態とは異なっている。このため、今回の結果をそのまま現場で用いることはできないと考えられる。今後は現場のデータを集め、現場で適用できる式の作成を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 草刈, 福田, 高橋, 増山: 現場透水量試験についての一考察, 舗装, 33(11), 1998.11
- 2) 渡辺, 室橋, 東海林: 排水性舗装の現場透水試験, 舗装, 33(11), 1998.11
- 3) 増山, 草刈, 小柴: 排水性舗装の透水能力測定法に関する研究, 土木学会舗装工学論文集, 第6巻, 2001.12